

Penerapan Fuzzy Expert System sebagai Sistem Pendukung Keputusan untuk Investor Properti

Hadi Prasetya, I Gst Ngr Rai Usadha, Mohammad Isa Irawan

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: mii@its.ac.id

Abstrak—Sistem pakar fuzzy adalah pro-program komputer yang memberikan kemam-puan layaknya seorang pakar dalam memberikan solusi menggunakan *know-ledge base* logika fuzzy. Pada penelitian ini ter-dapat lima variabel linguistik yaitu harga tanah, ketinggian tanah, keasaman tanah, keramaian jalan, dan feng shui. *Input* diperoleh dari proses konsultasi dengan sistem pakar. *Input* berupa nilai *crisp*. Nilai *input* tersebut kemudian diproses fuzzifikasi-inferensi-komposisi-defuzzifikasi se-hingga terbentuk daerah kesimpulan, *Output* penilaian properti berupa nilai *crisp* pada interval [0,10] dimana terdapat lima nilai linguistik yaitu sangat baik, baik, sedang, buruk, dan sangat buruk.

Kata Kunci— *center of gravity, CoG, fuzzy expert system, logika fuzzy, sistem pakar*

I. PENDAHULUAN

INDONESIA adalah salah satu negara berkembang dengan pertumbuhan ekonomi mencapai level 6.5% dan berbanding terbalik dengan inflasi yang semakin menurun pada level 3,9%. Di sisi lain, Indonesia adalah negara dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia dengan populasi 241 juta jiwa dengan pendapatan perkapita US \$3600 setara Rp 31,8 juta/tahun [1]. Dengan kondisi tersebut dapat disimpulkan Indonesia adalah negara berkembang yang memiliki pertumbuhan ekonomi sangat baik dan mengundang investor untuk menanamkan modal atau investasi di Indonesia.

Pertumbuhan ekonomi suatu negara ber-banding lurus dengan kemajuan investasi. Bentuk investasi yang paling menarik untuk dibahas adalah investasi dalam bentuk properti. Properti adalah kepemilikan tanah atau bangunan secara sah di mata hukum. Investasi berupa properti memiliki kelebihan yaitu nilai daripada properti yang selalu naik.

Mayoritas dari suatu transaksi properti terdapat perantara properti atau lebih dikenal dengan broker. Broker akan mendapatkan ko-misi penjualan sebesar 2,5-5% atau sesuai perjanjian dari pihak penjual untuk keberhasilan penjualan suatu properti. Peran broker sa-ngat membantu investor untuk mendapatkan properti.

Demi mendapatkan properti yang baik dan sesuai dengan yang diharapkan seorang inves-tor properti harus mencari informasi terkait harga tanah di sekitarnya, keadaan tanah, kera-maian jalan, riwayat tanah, dll sehingga membutuhkan waktu yang tidak sedikit. Da-lam hal ini sistem pakar sangat membantu da-lam memberikan penilaian terhadap suatu properti sehingga investor memperoleh hasil yang optimal.

II. SISTEM PAKAR FUZZY

Sistem Pakar Fuzzy atau (*fuzzy expert system*) adalah sistem pakar fuzzy yang dalam penerapannya menggunakan *knowledge base* logika fuzzy (*fuzzy logic*). Sistem pakar fuzzy memiliki ciri khas dibanding sistem pakar yang lain dimana dalam sistem pakar fuzzy ini terdapat pengkaburan penilaian linguistik.

A. Sistem Pakar

Sistem pakar adalah perangkat lunak komputer yang memiliki basis pengetahuan untuk domain tertentu dan menggunakan penalaran inferensi menyerupai seorang pakar dalam memecahkan masalah. Sistem pakar dirancang agar dapat menyelesaikan suatu permasalahan tertentu dengan meniru kerja seorang pakar sehingga hasil implementasi dapat digunakan orang banyak [2].

B. Variabel Linguistik

Variabel linguistik merupakan variabel fuzzy yang dibuat acuan untuk menilai suatu hal. Misalkan variabel linguistik “SUHU” memiliki tiga penilaian linguistik yaitu dingin, sedang, dan panas [3].

C. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses pengam-bilan nilai *crisp input* dan menentukan derajat keanggotaan (*degree of membership*) dari setiap himpunan fuzzy yang sesuai. Setelah nilai derajat keanggotaan tersebut didapat, selanjutnya dilakukan proses perhitungan nilai kebenaran dari setiap premis yang ada dengan menggunakan operasi min atau operasi max. Jika sebuah premis dari suatu aturan memiliki derajat kebenaran tidak nol maka aturan dika-takan terpicu (*fired*) [4].

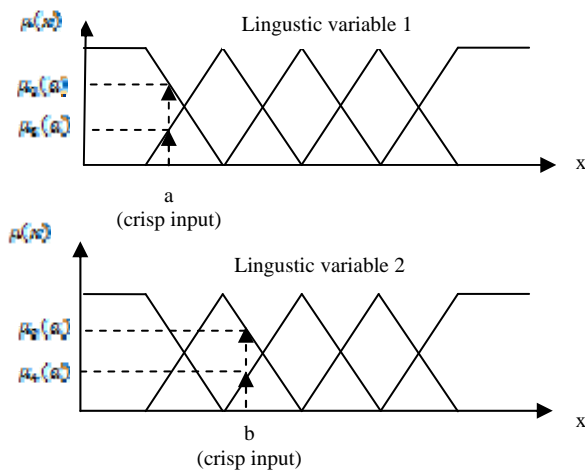
Misalkan dioperasikan min sebagai berikut:

$$v_1 = \min(\mu_1(a), \mu_2(a)) \rightarrow \text{terpicu (fired)}$$

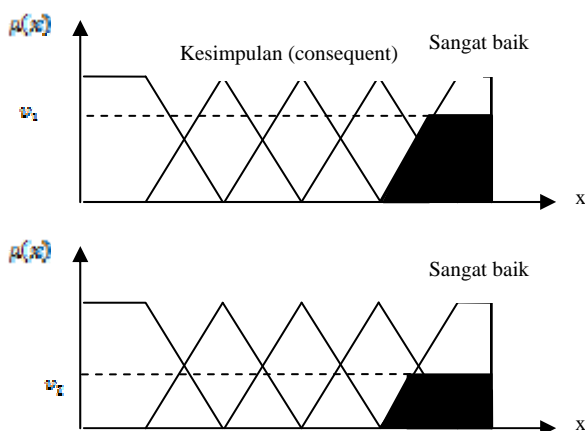
$$v_2 = \min(\mu_1(a), \mu_3(a)) \rightarrow \text{terpicu (fired)}$$

$$v_3 = \min(\mu_2(a), \mu_3(a)) \rightarrow \text{terpicu (fired)}$$

$$v_4 = \min(\mu_2(a), \mu_4(a)) \rightarrow \text{terpicu (fired)}$$



Gambar. 1. Proses fuzzifikasi untuk dua variabel linguistik.



Gambar. 2. Proses pembentukan himpunan fuzzy "Sangat Baik".

D. Inferensi Fuzzy

Inferensi diimplementasikan untuk setiap aturan dalam basis pengetahuan. Nilai ke-benaran premis dari aturan-aturan yang terpicu digunakan untuk menentukan nilai kebenaran bagian kesimpulan dari aturan yang terpicu (*fired*). Perhitungan kesimpulan diperoleh dari persamaan (1). Dengan demikian, *input* untuk proses inferensi adalah nilai yang diberikan oleh premis, sedangkan *output* adalah suatu himpunan fuzzy [4]. Misalkan untuk v_1 dan v_2 terpicu pada *typical value* "Sangat Baik" sedangkan v_3 dan v_4 terpicu pada "Baik". Proses inferensi fuzzy ditunjukkan Gambar 2 dan Gambar 3.

$$t_c = \sum_{i=1}^F v_i \cdot b_{\text{typical value}} \quad t_c = \text{jumlah rule}$$

Notasi :

t_c = penilaian linguistik kesimpulan (*consequent*)

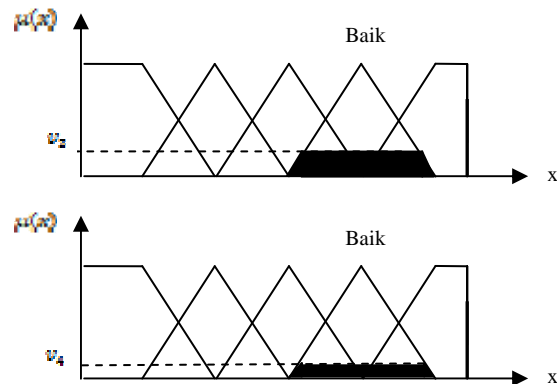
v_i = bobot variabel linguistik (*antecedent*)

$b_{\text{typical value}}$ = bobot penilaian linguistik aksi (*antecedent*)

Dengan aturan pengambilan keputusan dijelaskan pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel. 1.
Ambang batas *typical value* berdasarkan nilai t_c

Nilai t_c	Typical value kesimpulan
(0, 1.5)	Sangat buruk
(1.5, 2.5)	Buruk
(2.5, 3.5)	Sedang
(3.5, 4.5)	Baik
(4.5, 5)	Sangat baik



Gambar. 3. Proses pembentukan fuzzy set untuk kesimpulan "Baik".

E. Komposisi

Komposisi adalah proses dimana himpunan fuzzy yang menyatakan *output* dari setiap aturan dikombinasikan ke dalam sebuah himpunan fuzzy. Metode himpunan fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini adalah *max*. Dalam komposisi *max*, himpunan fuzzy untuk *output* ditentukan dengan mengambil nilai maksimum. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4. misalkan diberikan nilai hasil operasi *min* pada masing-masing premis yang menghasilkan output penilaian linguistik1 adalah v_1, v_2, \dots, v_j sedangkan penilaian linguistik2 diberikan u_1, u_2, \dots, u_k . Perhitungan komposisi *max* secara matematis diberikan sebagai berikut :

$$K_1 = \bigcup_{i=1}^j v_i$$

$$K_2 = \bigcup_{i=1}^k u_i$$

$$K_n = \bigcup_{i=1}^p z_i$$

Notasi :

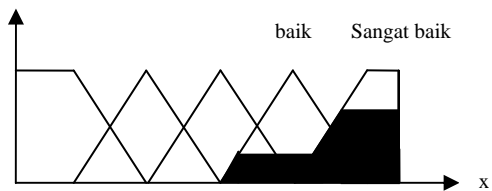
K_n = Hasil komposisi ke-n.

v_i = Nilai hasil operasi min ke-i pada masing-masing aturan terpicu (*fired*) yang menghasilkan kesimpulan penilaian linguistik ke-1.

u_i = Nilai hasil operasi min ke-i pada masing-masing aturan terpicu (*fired*) yang menghasilkan kesimpulan penilaian linguistik ke-2.

z_i = Nilai hasil operasi min ke-i pada masing-masing aturan terpicu (*fired*) yang menghasilkan kesimpulan penilaian linguistik ke-n.

Bentuk komposisi himpunan fuzzy pada bagian kesimpulan dengan metode *max* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar. 4. Hasil komposisi himpunan fuzzy.

F. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi atau penegasan merupakan bagian proses sistem fuzzy dimana terjadi perubahan dari input berupa himpunan fuzzy yang dihasilkan dari proses komposisi menjadi sebuah nilai *crisp output* [1]. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode *centroid of gravity* (CoG). Metode *center of Gravity* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai *crisp output* dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy [5]. Secara umum dirumuskan sebagai berikut :

$$z^* = \frac{\sum_{i=1}^n \int_{a_i}^{b_i} z \mu(z)}{\sum_{i=1}^n \int_{a_i}^{b_i} \mu(z)}$$

Notasi :

z^* = titik pusat daerah himpunan fuzzy

a_i = batas bawah bagian daerah ke-i himpunan fuzzy

b_i = batas atas bagian daerah ke-i himpunan fuzzy

n = jumlah daerah himpunan fuzzy kesimpulan yang terbentuk

z = variabel kesimpulan (*consequent*).

$\mu(z)$ = fungsi keanggotaan daerah himpunan fuzzy kesimpulan yang terbentuk

III. PERANGKAT PENDUKUNG SISTEM

Dalam pembangunan sistem pakar fuzzy dalam penelitian ini terdapat perangkat pendukung, yaitu komputer HDD 320GB, RAM memory 4GB, Perangkat lunak *open source* Java NetBeans IDE 7.1.1 untuk pembangunan sistem dan perangkat lunak *open source* MySQL 5.2 sebagai *database*.

IV. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Dalam pembangunan sistem pakar yang tersruktur diperlukan perancangan yang baik, mulai dari perancangan sistem, perancangan data, perancangan proses (*process design*) dan perancangan antarmuka (*interface design*). Penjelasan terkait perancangan dijelaskan pada subbab dibawah ini :

A. Perancangan Sistem Pakar

Dalam rancangan sistem dalam penelitian ini dua macam tipe pengguna (*user*), *user* tipe akses pengguna biasa dan *user* tipe akses administrator. *User* tipe akses pengguna biasa memiliki peran sebagai pengguna dari sistem pakar sedangkan *user* tipe akses administrator memiliki kemampuan

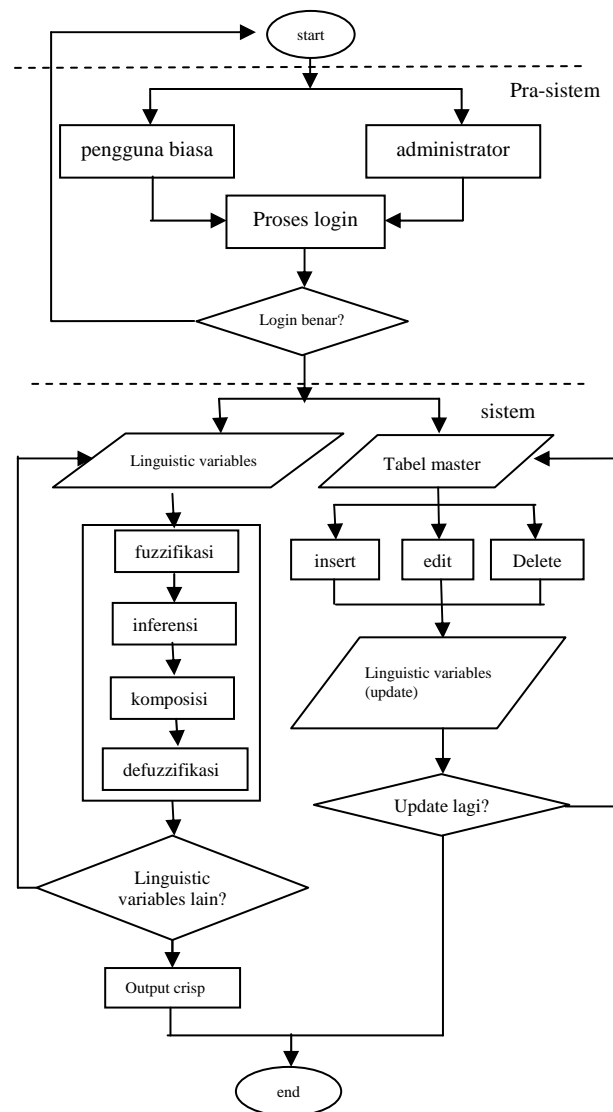
memodifikasi, yaitu *insert*, *update*, dan *delete* data-data dalam *database*. Perancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 5.

➤ Perancangan Data

Sesuai dengan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini, terdapat tujuh tabel junction yang digunakan untuk pembangunan sistem pakar yaitu tabel user, tabel bobot, tabel bobotdetail, tabel faktor, tabel fungsianggota, tabel pertanyaan, tabel properti, dan tabel variabel. Kemudian terdapat dua tabel master yaitu tabel user dan tabel properti.

➤ Perancangan Proses

Dalam perancangan proses dalam pembangunan sistem pakar ini membutuhkan penjelasan yang sangat panjang karena melibatkan pemrograman java yang sangat kompleks dan pemanggilan data dalam *database*. Perancangan proses pada *user* tipe akses pengguna biasa dan *user* tipe akses administrator dapat dilihat pada Gambar 6.



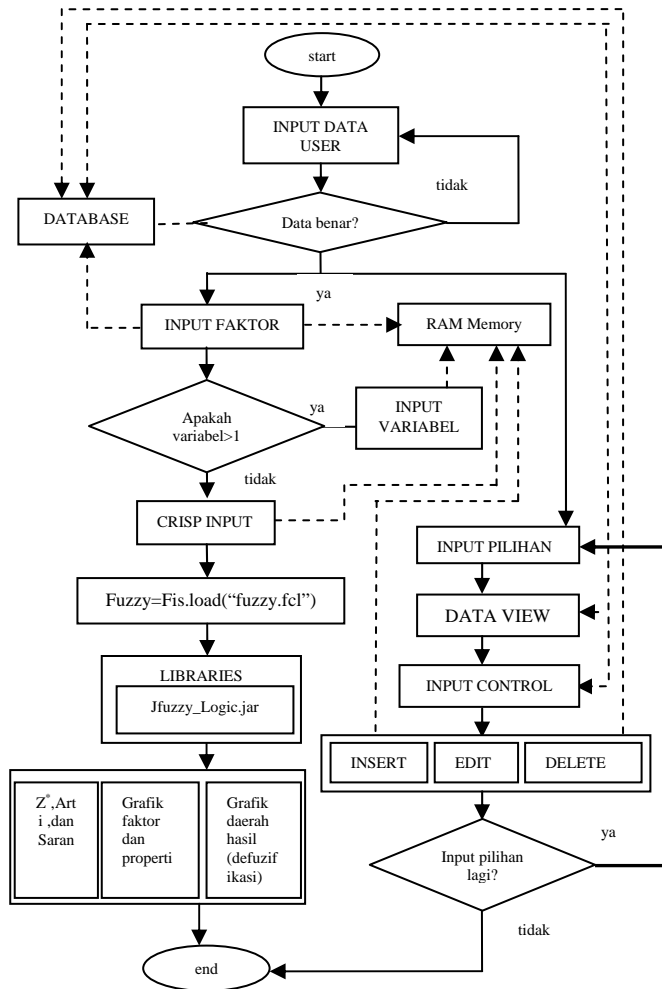
Gambar. 5. Perancangan sistem pakar.

B. Implementasi Sistem

Berikut ini dijelaskan implementasi dari proses-proses yang dibutuhkan perangkat lunak seperti yang sudah penulis

jelaskan pada perancangan proses ke dalam algoritma. Proses-proses tersebut adalah sebagai berikut :

1. Proses konsultasi antara pengguna biasa dan sistem pakar
2. Proses pembentukan file format fuzzy.fcl
3. Proses perhitungan titik pusat daerah menggunakan metode *centroid of gravity*(CoG)
4. Proses pengartian nilai Z dan saran sistem pakar terhadap *object property*.



Gambar. 6. Diagram alir perancangan proses secara pemrograman.

C. Penilaian Properti berdasarkan nilai z^*

Berdasarkan rekomendasi pakar yang penulis tunjuk memberikan batasan untuk penilaian properti dan saran seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.

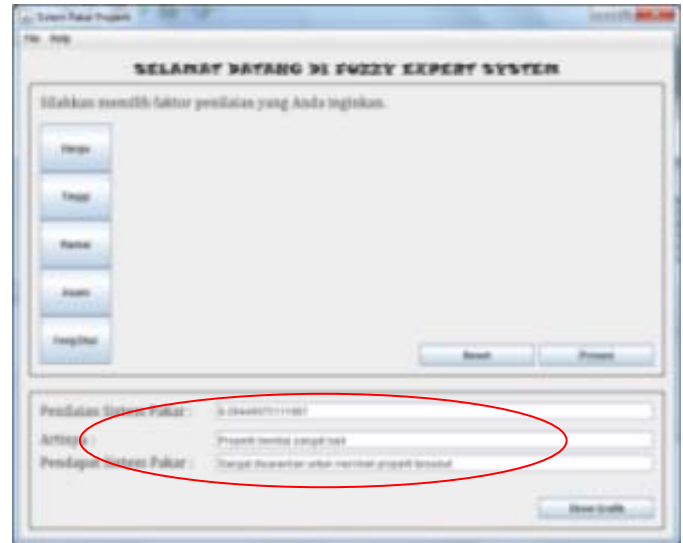
Tabel. 2.

Penilaian properti dan saran sistem pakar berdasarkan nilai z^*

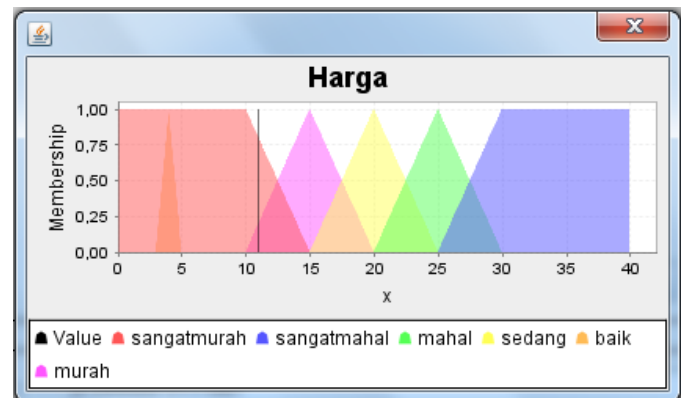
Nilai z^*	penilaian properti	Saran sistem pakar
(0, 2)	Sangat buruk	Sangat tidak disarankan
(2, 4)	Buruk	Tidak disarankan
(4, 6)	sedang	Boleh dibeli
(6, 8)	Baik	disarankan
(8, 10)	Sangat baik	Sangat disarankan

V. UJI COBA DAN PEMBAHASAN

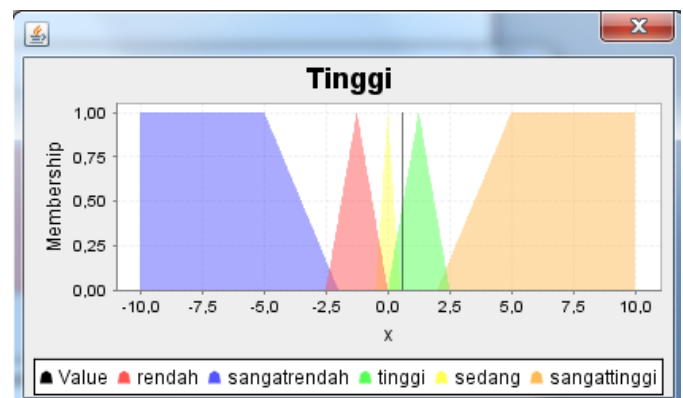
Pengujian sistem pakar dalam penelitian Tugas Akhir ini dibagi menjadi dua bagian yaitu pengujian kesamaan nilai antara sistem pakar dan nilai perhitungan manual dan kedua adalah pengujian kesesuaian nilai sistem pakar dibandingkan keputusan seorang pakar. Sebagai contoh, diberikan input untuk pilihan faktor harga tanah 11 (sebelas) juta dan faktor ketinggian jalan 0.6 meter. Penilaian sistem pakar untuk nilai input tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.



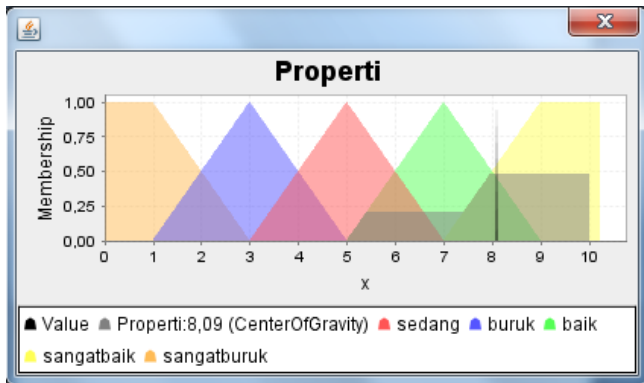
Gambar. 7. Antarmuka nilai hasil penilaian sistem pakar.



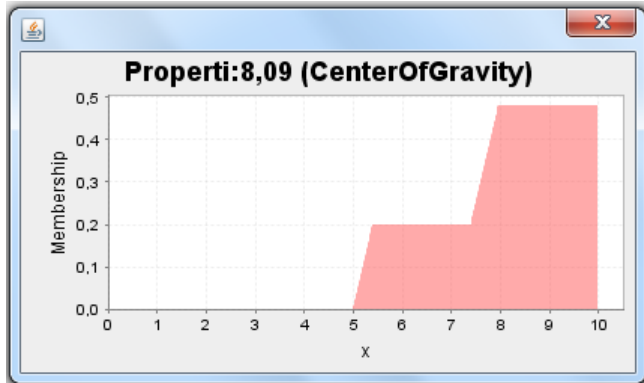
Gambar. 8. Antarmuka grafik faktor harga tanah dengan input 11.



Gambar. 9. Antarmuka grafik faktor ketinggian tanah dengan input 0,6 meter.



Gambar. 10. Antarmuka (interface) grafik kesimpulan.



Gambar. 11. Antarmuka daerah himpunan fuzzy kesimpulan (consequent).

```

VAR_INPUT
  Harga : REAL;
  Tinggi : REAL;
END_VAR

VAR_OUTPUT
  Properti : REAL;
END_VAR

FUZZIFY Harga
  TERM sangatmurah := (0, 1) (10, 1) (15, 0);
  TERM murah := (10, 0) (15, 1) (20, 0);
  TERM sedang := (15, 0) (20, 1) (25, 0);
  TERM mahal := (20, 0) (25, 1) (30, 0);
  TERM sangatmahal := (25, 0) (30, 1) (40, 1);
END_FUZZIFY

FUZZIFY Tinggi
  TERM sangatrendah := (-10, 1) (-5, 1) (-2, 0);
  TERM rendah := (-2.5, 0) (-1.25, 1) (0, 0);
  TERM sedang := (-0.5, 0) (0, 1) (0.5, 0);
  TERM tinggi := (0, 0) (1.25, 1) (2.5, 0);
  TERM sangattinggi := (2, 0) (5, 1) (10, 1);
END_FUZZIFY

DEFUZZIFY Properti
  TERM sangatburuk := (0, 1) (1, 1) (3, 0);
  TERM buruk := (1, 0) (3, 1) (5, 0);
  TERM sedang := (3, 0) (5, 1) (7, 0);
  TERM baik := (5, 0) (7, 1) (9, 0);
  TERM sangatbaik := (7, 0) (9, 1) (10, 1);
END_DEFUZZIFY

RULEBLOCK No1
  AND : MIN;
  ACT : MIN;
  ACCU : MAX;

  RULE 1 : IF Harga IS sangatmurah AND Tinggi IS tinggi THEN Properti IS baik;
  RULE 2 : IF Harga IS murah AND Tinggi IS tinggi THEN Properti IS sedang;
END_RULEBLOCK

```

Hasil perhitungan manual derajat keanggotaan masing-masing *typical value* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{sangatmurah}}(11) &= 0.8 \\ \mu_{\text{murah}}(11) &= 0.2 \\ \mu_{\text{tinggi}}(0.6) &= 0.48 \end{aligned}$$

Kemudian diacu pada aturan-aturan (*rule*) yang terbentuk dari fungsi keanggotaan tersebut dengan perhitungan bobot. Hasil tersebut menunjukkan kesamaan dengan rule pada *fuzzy.fcl*

[R54] IF (harga tanah sangat murah) AND (ketinggian tanah tinggi) THEN (Properti baik)

[R59] IF (harga tanah murah) AND (ketinggian tanah tinggi) THEN (Properti sedang)

Kemudian premis-premis dalam *antece-dent* masing-masing aturan dioperasikan Min sebagai berikut :

$$\mu_{\text{sangatmurah}}(x,y) = 0.43$$

$$\mu_{\text{murah}}(x,y) = 0.2$$

Kemudian dilakukan perhitungan masuk ke *typical value* mana dalam kesimpulan (*consequent*) sebagai berikut :

$$c_i = \sum_{j=1}^n w_j b_{ij} \text{ typical value } i \text{ e } = \text{jumlah rule}$$

$$c_1 = (0.43) \cdot 3 + (0.2) \cdot 2 = 3.5 (\text{kesimpulan : baik})$$

$$c_2 = (0.2) \cdot 4 + (0.2) \cdot 2 = 3 (\text{kesimpulan : sedang})$$

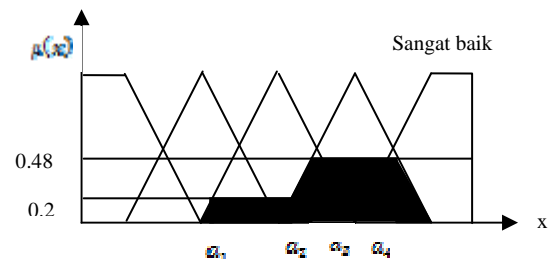
Kemudian, setiap aturan (*rule*) yang menghasilkan kesimpulan yang sama dioperasikan *max* sebagai berikut :

$$K_i = \bigcup_{j=1}^n (w_j, v_j \text{ jika ada kesimpulan } i, y \text{ sama})$$

$$K_1 = \max(0.43, 0) = 0.43$$

$$K_2 = \max(0.2, 0) = 0.2$$

Selanjutnya diperoleh himpunan fuzzy seperti ditunjukkan pada Gambar 12 sebagai berikut :



Gambar. 12. Daerah himpunan fuzzy kesimpulan (consequent).

Kemudian dihitung nilai titik pusat (z^*). Sebelum proses *defuzzifikasi* tersebut, perlu dihitung batasan-batasan sebagai berikut :

$$a_1 = 3.4, a_2 = 5.4, a_3 = 5.96, a_4 = 8.04$$

Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan untuk kesimpulan penilaian sebagai berikut :

$$\mu(z) = \begin{cases} \frac{z-3}{2}, & 3 \leq z \leq 3.4 \\ 0.2, & 3.4 \leq z \leq 5.4 \\ \frac{z-5}{2}, & 5.4 \leq z \leq 5.96 \\ 0.43, & 5.96 \leq z \leq 8.04 \\ \frac{8-z}{2}, & 8.04 \leq z \leq 10 \end{cases}$$

Kemudian dilakukan proses *defuzzifikasi* sebagai berikut :

$$z^* = \frac{\sum_{i=1}^n \int_{c_i}^{z_i} z \mu(z)}{\sum_{i=1}^n \int_{c_i}^{z_i} \mu(z)} = 6.397590361$$

Dari perhitungan secara manual menunjukkan nilai perhitungan 6.397590361 yang memiliki arti properti bernilai baik dan disarankan membeli properti (investasi). Dalam pengujian ini pakar yang penulis tunjuk menyatakan setuju atau sependapat dengan hasil yang diperoleh sistem pakar. Sehingga dapat dikatakan sistem pakar ini sudah benar secara basis pengetahuan (*knowledge base*) dan pengalaman yang diperoleh dari seorang pakar bisnis properti (*business property expert*).

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data dan pembahasan, dapat penulis simpulkan bahwa :

1. Dalam pembangunan sistem pakar ini terdapat enam variabel linguistik dimana lima variabel linguistik sebagai *antecedent* dan satu variabel linguistik sebagai *consequent*. Setiap variabel linguistik terdiri dari lima penilaian linguistik. *User* tipe akses pengguna biasa memiliki kemampuan memilih satu atau lebih pilihan penilaian, sehingga terdapat 31 macam kombinasi pilihan penilaian dan membutuhkan 20.285 aturan (*rules*). Terlebih lagi jika ada penambahan variabel linguistik baru, maka akan menambah kompleks operasi di dalamnya dan mengurangi kecepatan akses. Oleh karena itu perlu dibuat proses perhitungan menggunakan bobot variabel linguistik dan penilaian linguistik agar sistem bersifat dinamis seperti di dalam sistem pakar ini.
2. Penilaian properti tanah dalam sistem pakar dalam penelitian ini sangat membantu investor properti sebagai pendukung keputusan sebelum membeli suatu properti. *Output* yang dihasilkan dalam sistem pakar fuzzy ini sangat akurat karena mempertimbangkan semua kemungkinan penilaian yang diperoleh setiap aturan (*rules*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1], ""Pendapatan Per Kapita Indonesia Rp 31,8 juta". <<http://metrotvnews.com/read/newsvideo/2012/02/07/144831>>. Diakses pada 24 Juli 2012 pkl. 06.34 am
- [2] Kuswadi, S. 2007. "Kendali Cerdas Teori dan Aplikasi Praktisnya". Yogyakarta: Andi.
- [3] Kusriani. 2006. "Sistem Pakar Teori dan Aplikasi". Yogyakarta : Andi
- [4] Arhami, M. 2005. "Konsep Dasar Sistem Pakar". Yogyakarta : ANDI
- [5] Kusuma dewi .S dan Hari Purnomo. 2010. "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan". Edisi-2. Yogyakarta : Graha Ilmu.